MEZCLAS DE MATRIZ DE AGREGADO GRUESO

Ing. Laura Ramírez Castro
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME) (hasta julio 2005)
Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio,
San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica.
Tels: (506) 207-4994, (506) 207-4396.
Fax: (506) 207-4442.
E-mail: laraca26@gmail.com
Código postal: 2060, Costa Rica

Ing. Mario Arce
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME),
E-mail: marce@lanamme.ucr.ac.cr

Ing. Fabián Elizondo
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME),
E-mail: felizondo@lanamme.ucr.ac.cr

Ing. Mónica Jiménez
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME),
E-mail: mjimenez@lanamme.ucr.ac.cr

Resumen

Dados los problemas de deformación plástica que se han presentado en los pavimentos con superficie de ruedo asfáltica, debido a la poca resistencia al cortante y compresibilidad de las mezclas con graduación densa aplicadas, ha surgido la necesidad de implementar el uso de mezclas más resistentes a la deformación.

Como parte de la respuesta ante tal necesidad, surgió este proyecto, el cual, en sus primeras etapas, buscó analizar el comportamiento de mezclas de matriz de agregado grueso (SMA) usando ligantes y agregados nacionales. Para lograr esto, se trabajó en la selección de la granulometría óptima, se realizaron diseños de mezcla Marshall y se analizó la deformación a escala de laboratorio mediante la pista de ensayo de laboratorio.

Tomando como insumo los resultados de las primeras etapas, se plantea la segunda etapa, la cual se enfoca en la preparación de un Manual de especificaciones técnicas para el diseño y construcción de mezclas de graduación discontinua usando el método de diseño Marshall o Superpave. También se definen las propiedades de los materiales, los valores máximos o mínimos requeridos para vacíos de diseño, vacíos en el agregado mineral, vacíos llenos con asfalto, vacíos en el agregado grueso y escurrimiento de ligante asfáltico.

Con este tipo de mezclas se busca abrir la posibilidad de construcción de capas de rodamiento con una alta resistencia a la deformación permanente, que posean suficiente resistencia al agua, tanto por cohesión del ligante asfáltico como por adhesividad ligante agregado, y que además tengan mayor durabilidad para disminuir los costos y la frecuencia de las intervenciones de mantenimiento.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas que presentan las vías de nuestro país, especialmente las de alto volumen de tránsito, es la falta de resistencia a la deformación plástica de las capas de rodadura, ya que gran cantidad de superficies de ruedo presentan roderas o desplazamientos laterales de la mezcla asfáltica y textura lisa (pavimento deslizante). Otro problema que en algunos casos se presenta en nuestros pavimentos, es la poca resistencia de las mezclas asfálticas al daño por humedad, lo que genera que en la época lluviosa las calles sufran un mayor grado de deterioro, situación que reduce la vida útil del pavimento y demanda mayores costos de conservación.

Estos problemas determinan mayor inseguridad al transitar por las vías afectadas, y además los costos de operación que el usuario deberá pagar aumentan día con día. El uso de la tecnología de mezclas discontinuas enfrenta, de manera simultánea, los problemas de deformación plástica y resistencia a la deformación plástica, dado que favorece el uso de estructuras granulométricas friccionantes y un mayor espesor relativo de película de

En vista de los problemas que se han presentado en las vías de nuestro país, debido a la falta de resistencia a la deformación plástica y a la pérdida de textura superficial (fricción)de las mezclas densas comúnmente usadas en las capas de rodamiento, ha surgido la necesidad de implementar en nuestro medio el uso de mezclas más resistentes a la deformación plástica, tal es el caso de las mezclas de graduación discontinua, las cuales son mezclas asfálticas procesadas en caliente, compuestas principalmente por un esqueleto resistente de agregado grueso y un mastique rico en ligante asfáltico.

Este manual de especificaciones técnicas abarca el diseño y construcción de mezclas de graduación discontinua usando el método de diseño Marshall o Superpave, y define las propiedades de los materiales a usar, los valores máximos y/o mínimos requeridos para vacíos de diseño, vacíos en el agregado mineral, vacíos llenos con asfalto, vacíos en el agregado grueso y escurrimiento de ligante asfáltico.

La incorporación de nuevas tecnologías, adaptadas a la realidad costarricense, beneficiará de manera directa a los usuarios y al Estado. Estos beneficios, entre los que destacan pavimentos antideslizantes (más agarre)y menos ruidosos, brindarán un mejor servicio a transitar por las vías en las que se coloque una capa de rodamiento de este

tipo, ya que las deformaciones producidas y el pulimento de la superficie de ruedo en este

tipo de mezclas, serán menores en comparación con las producidas en las mezclas densas convencionales, comúnmente usadas en Costa Rica (mayor regularidad superficial y menor costo de operación).

Con este tipo de mezcla se busca abrir la posibilidad de construcción de capas de rodamiento con una alta resistencia a la deformación permanente, que posean suficiente resistencia al efecto del agua tanto por cohesión del ligante asfáltico como por adhesividad ligante agregado, y que además tengan mayor durabilidad para disminuir los costos y la frecuencia de las intervenciones de mantenimiento.

Se requerirá hacer ensayos en laboratorio, tales como el ensayo de deformación permanente, usando para esto la pista de laboratorio APA, o ensayos de fluencia para determinar la resistencia a la deformación plástica de las mezclas de graduación discontinua. Así también monitorear su desempeño mediante mediciones de campo de roderas, textura, regularidad superficial y coeficiente de fricción, medido en la superficie del pavimento, con lo cual se llevará un registro de la deformación real en sitio de este tipo de mezclas y la deformación obtenida en el laboratorio.

2. MARCO TEÓRICO[1]

A principios de la década de los 60's la industria europea del asfalto reconoció la necesidad de desarrollar pavimentos que fueran resistentes a la deformación plástica, más resistentes al desplazamiento, a la resistencia al pulimento, al desgaste superficial y a diversos factores asociados con tráfico pesado y altos volúmenes de tránsito. Como respuesta ante tal necesidad surgieron las mezclas de graduación discontinua, conocidas como mezclas de matriz de agregado grueso (SMA). En Europa el uso de estas mezclas se ha popularizado para carreteras de alto nivel de tránsito, pistas de aeropuertos y zonas portuarias, y su uso se está extendiendo por todo el mundo.

Las mezclas discontinuas proporcionan superficies de ruedo muy homogéneas, y una buena resistencia al deslizamiento, con un nivel de ruido relativamente bajo. Son mezclas resistentes a la deformación plástica, gracias al alto contenido de agregado grueso (al menos un 70%); además, la gran cantidad de mastique asfáltico las convierte en mezclas más resistentes al agua. Dado el alto contenido de ligante asfáltico de estas mezclas, es posible que se produzca

---

[1] European Asphalt Pavement Association, Heavy duty surfaces: The argument for SMA, 1998

escurrimiento del mismo, por lo que es necesario el uso de un inhibidor de escurrimiento, tal como lo es la fibra de celulosa. También se han usado ligantes asfálticos modificados con polímeros para mejorar las propiedades mecánicas de estas mezclas y ayudar a evitar el escurrimiento.

Son varios los países que han optado por el uso de mezclas discontinuas del tipo SMA, tal es el caso de la República Checa, que desde 1991 empezó a popularizar el uso de estas mezclas y ya para 1995 se producían 230.000 toneladas por año. Aplican relleno mineral calizo y, como inhibidor del escurrimiento de asfalto, usan la fibra de celulosa. La experiencia checa ha encontrado que un adecuado procedimiento de diseño, producción y compactación de las mezclas SMA produce pavimentos con alta resistencia al deslizamiento, durables y con una gran resistencia a la deformación.

En Dinamarca, desde 1982 se han usado estas mezclas en vías de alto volumen y con un alto porcentaje de vehículos pesados, en áreas industriales y otras áreas sometidas a altas cargas. Aquí se diseña con un bajo contenido de vacíos y se espera obtener al menos un aumento del 30% en la vida de servicio del pavimento, en comparación con las mezclas densas convencionales. Problemas de desprendimiento de agregados y deformaciones plásticas (roderas) han sido solamente observados en pocos casos. Si los vacíos de aire son muy altos, puede existir riesgo de desprendimiento prematuro de agregados , y si la proporción de agregado fino es muy alta, se pueden presentar problemas de deformación plástica (roderas).

En Alemania, su uso se ha popularizado desde 1965-1970. Se establece el uso de un inhibidor de escurrimiento y el diseño se realiza mediante la metodología Marshall. Para su compactación en campo se prohíbe el uso de compactadores neumáticos y el uso de compactadores vibratorios requiere de un especial cuidado.

En Hungría se han usado estas mezclas desde 1983; en el año de 1992 se tenían aproximadamente 120 km de carreteras con este tipo de capas de rodamiento. Se especifica el uso de un relleno mineral calizo y de la fibra de celulosa como inhibidor de escurrimiento.

En los Países Bajos se ha aplicado desde 1987. Se estima que anualmente se producen 0.6 millones de toneladas, lo que equivale al 8% de la producción total. Se usa un relleno mineral calizo y se establece el uso de un inhibidor de escurrimiento, tal como la fibra de celulosa o cualquier otro que demuestre su efectividad. Disponen de cuatro distintos tipos de mezclas SMA, que difieren unos de otros en la graduación granulométrica, su aplicación depende de las condiciones de tránsito y carga. El nivel de ruido disminuye aproximadamente de 1 a 3 dB con respecto al concreto asfáltico convencional (granulometría densa).

En Estados Unidos se empezó a usar desde 1991 y su uso es cada día más común. En algunos estados como Georgia y Maryland es el tipo de mezcla asfáltica comúnmente usada como superficie de ruedo. Las recomendaciones preliminares de diseño de mezcla se derivaron de la experiencia europea. Basados en esta experiencia y en las evaluaciones hechas a aproximadamente 100 proyectos de SMA, el NCAT (The National Center for Asphalt Technology) ha desarrollado recientemente algunas recomendaciones, entre las que figuran el uso de un inhibidor de escurrimiento, ya sea fibras o modificantes poliméricos. Se propone el uso del compactador giratorio para la preparación de especímenes (método volumétrico Superpave). En cuanto al contenido de vacíos, se establece un 4% para diseño, el cual puede incrementarse a un 5 ó 6% para vías con alto volumen de camiones.

Más recientemente se han empezado a aplicar mezclas SMA en Argentina, donde en el año 2000 se empezó la repavimentación de la Autopista Ricchieri. En este proyecto se usó ligante asfáltico modificado con un polímero SBS, fibra de celulosa y relleno mineral de origen calcáreo. Los resultados obtenidos fueron buenos, con altos valores de resistencia retenida, una adecuada textura y adecuadas propiedades volumétricas.

3. ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA MEZCLAS DE GRADUACION DISCONTINUA

Estas especificaciones contienen los requisitos generales para diseño y construcción de mezclas de graduación discontinua, para capas de rodadura.

Este manual establece la calidad mínima requerida para el ligante asfáltico, el agregado mineral y los aditivos empleados en la producción de estas mezclas, así como los criterios de especificación para la mezcla asfáltica producida y colocada.

3.1 Características de la materia prima

3.1.1 Ligante asfáltico

El ligante asfáltico debe cumplir con la norma nacional vigente y con el grado de desempeño (PG) determinado a partir de las condiciones de clima, tránsito y demás condiciones del proyecto. Además, debe incorporarse aditivos al asfalto original para lograr la especificación de PG del proyecto.

3.1.2 Agregados

Los agregados procesados individualmente por fuente (tajo o fuente de explotación), serán aceptados una vez que cumplan con los requisitos de calidad que se detallan en este manual.

3.1.2.1 Agregado Grueso

Definición: se define como agregado grueso la fracción granulométrica retenida en el tamiz 4.75 mm (No.4).

La Tabla No.1 presenta los requisitos que debe cumplir cada fracción gruesa de agregado de apilamiento.

Tabla No.1:Propiedades del agregado grueso.

Parámetro controlado	**Ensayo**	**Especificación**
Tasa de trituración	Caras fracturadas (una o más caras) (ASTM D5821)	Mayor a 95%
Forma	Partículas planas y elongadas (ASTM D4791)	3 a 1: 20% max 5 a 1: 5% máx
Resistencia	Desgaste por abrasión en máquina los ángles (AASHTO T96) Tipo B	Menor del 25%
Resistencia al pulimento	Coeficiente de pulimento acelerado (por definir)	Pendiente
Sanidad	En sulfato de sodio (AASHTO T104) En sulfato de magnesio (AASHTO T104)	Menor del 10% Menor del 20%
Indice de durabilidad	AASHTO T210	Mayor a 35% (en revisión)

3.1.2.2 Agregado Fino

Definición: se define como agregado fino la fracción granulométrica que pasa el tamiz de 4.75 mm (No.4), producto de la trituración mecánica del agregado grueso. No se permite en ningún caso el uso de arena natural.

La Tabla No.2 presenta los requisitos que debe cumplir cada fracción fina de agregado de apilamiento.

Tabla No.2:Propiedades del agregado fino.

Parámetro controlado	**Ensayo**	**Especificación**
Pureza	Equivalente de arena (ASTM D2419)	Superior a 75%
Sanidad	En sulfato de sodio (AASHTO T104) En sulfato de magnesio (AASHTO T104)	Menor del 10% Menor del 20%
Plasticidad	Índice de plasticidad (AASHTO T90)	Np
Indice de durabilidad	AASHTO T210	Mayor a 35% (en revisión)

3.1.2.3 Límites Granulométricos [2]

Para la producción de mezcla en planta se deben separar los agregados en al menos cinco fracciones, estrictamente, de distinto tamaño (incluyendo el polvo mineral),sin que haya traslape entre las fracciones (apilamientos independientes y aislados).

En la Tabla No.3 se presenta la granulometría y las tolerancias aceptadas para cada malla.

El contratista puede presentar para su aprobación, una graduación alternativa siempre y cuando se mantenga dentro de los siguientes límites de especificación

Tabla No.3:Granulometría y tolerancias aceptadas

Malla	**Malla (mm)**	**Rango de especificación**	**Tolerancia**
3/4	19	100	-
1/2	12.5	90-100	±4.0
3/8	9.5	45-60	±4.0
No.4	4.75	28-38	±4.0
No.8	2.36	20-26	±3.5
No.16	1.18	-	-
No.30	0.6	12-17	±2.5
No.50	0.3	-	-
No.100	0.15	-	-
No.200	0.075	9-13	±1.4

[2] Con la construcción de tramos experimentales (proyecto piloto) se buscará definir rangos de especificación por tamiz, que permitan más flexibilidad en la definición de la granulometría de diseño.

3.1.3 Aditivos

Si se usan aditivos, el contratista deberá analizar por medio de ensayos de laboratorio el efecto que induce el aditivo en la mezcla, tanto en sus propiedades mecánicas, como de durabilidad, ya sean estos fibras, polímeros o algún aditivo mejorador de adherencia.

El Contratista deberá aportar las especificaciones técnicas y de seguridad recomendadas por el fabricante para cada aditivo.

3.2 Diseño de mezcla

Para diseño, la temperatura de mezclado será aquella que determine una viscosidad cinemática en el asfalto de 0.170 ±0.20 Pa*s y la de compactación será de 0.280 ±0.30 Pa*s. En el caso de asfalto modificados dichas temperaturas se deben determinar con base en el criterio establecido en el reporte técnico NCHRP 9-10.

En la Tabla No.4 se presentan los requerimientos establecidos para el diseño de mezclas de graduación discontinua del tipo SMA

Tabla No.4: Requerimientos para el diseño de mezcla.

Parámetro	**Especificación**
Compactación -Marshall (AASHTO T245) -Compactador giratorio	50 golpes por cara 100 giros
Vacíos de aire totales (AASHTO T269)	5%
Vacíos en el agregado mineral	Mayor a 16%
Vacíos llenos con asfalto efectivo (VFA)	Mínimo 70, Máximo 80%
Vacíos en el agregado grueso, en la mezcla (VCA_{mix}) (%) AASHTO MP08	Menor que los vacíos en el agregado grueso en condición envarillada seca (VCA_{DRC}) (AASHTO T19)
Escurrimiento de ligante (Dr.Schellenberg Test)	Menor 0.25%
Resistencia retenida a la tensión diametral (AASHTO T165)	Mayor a 85%
Resistencia retenida a la compresión uniaxial(AASHTO T283)	Mayor a 85%
Deformación permanente (según pista de ensayo de laboratorio APA y su respectiva norma de ensayo)	Menor a 2.0 mm

3.3 Características del proceso constructivo

3.3.1 Producción y transporte

Las mezclas bituminosas discontinuas en caliente se fabricarán mediante plantas centrales de mezclado continuo o discontinuo, capaces de manejar, simultáneamente, el número de fracciones del agregado que exija la fórmula de trabajo adoptada (mínimo de 5).

Se deberá tener un control y aseguramiento de la calidad en el quebrador de agregados debidamente diseñado e implementado, que garantice el cumplimiento de las especificaciones técnicas de los agregados. Esta información del control de calidad deberá estar documentada al día y suscrita por un profesional responsable y capacitado para esta labor, además deberá estar siempre disponible para ser revisada por la Administración y por eventuales auditorías.

Se deberá llevar un control permanente en la planta de los apilamientos de trabajo, que garantice, en todo momento, la uniformidad del material (incluida la humedad) y el cumplimiento de las especificaciones. El cumplimiento de esta disposición deberá estar debidamente documentado, de forma permanente, y la información deberá estar siempre disponible.

Todo el proceso de producción de la mezcla deberá estar soportado y monitoreado permanentemente, con base en un sistema de aseguramiento de la calidad debidamente diseñado, probado, implementado y documentado, que garantice el estricto cumplimiento de todas las especificaciones pertinentes. Toda esta documentación deberá contar con la aprobación permanente de un profesional capacitado, debidamente calificado para esta tarea. La documentación y todos los datos relativos al control y aseguramiento de la calidad deberán estar permanentemente disponibles para la Administración y para eventuales auditorías. La mezcla deberá transportarse en vehículos especialmente preparados para este propósito desde la planta de producción hasta el sitio de colocación. En el momento de descarga de la mezcla, la temperatura debe ser tal que cumpla con los requisitos para su correcta compactación.

3.3.2 Colocación y compactación

Todo el proceso de colocación y compactación de la mezcla deberá estar soportado y monitoreado permanentemente ,con base en un sistema de aseguramiento de la calidad debidamente diseñado, probado, implementado y documentado, que garantice el estricto cumplimiento de todas las especificaciones pertinentes. Toda esta documentación deberá

contar con la aprobación permanente de un profesional del Contratista, debidamente capacitado y debidamente calificado para de esta tarea.

La pavimentadora deberá regularse de forma tal que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin segregación ni arrastres, y con un espesor tal, que una vez compactada, se ajuste a la rasante, a la sección transversal indicadas en los planos de proyecto y a las exigencias de acabado superficial en términos de IRI, textura y coeficiente de fricción.

La colocación se deberá realizar de forma continua, ajustando la velocidad de la pavimentadota a la producción de la planta y a la velocidad de compactación, de modo que dicha pavimentadota no se detenga.

Antes de hacer los tramos de prueba, la mezcla producida en planta debe cumplir con todas las especificaciones establecidas para su diseño y para cada uno de los materiales y aditivos que se incorporen para su producción.

El contratista deberá hacer un tramo de prueba para determinar el patrón de compactación de la mezcla. La compactación se deberá hacer a la mayor temperatura posible, de conformidad con las condiciones climáticas y el espesor de la capa y sin que se produzca desplazamiento o fisuración de la mezcla colocada, y se continuará mientras la temperatura de la mezcla no sea inferior a la temperatura mínima especificada para la compactación y la mezcla se halle en condiciones de ser compactada.

Se usarán compactadores de rodillo metálico; no se permite el uso de compactadores neumáticos ni el uso de vibración.

3.4 Características del producto terminado

En la Tabla No.5 se presentan los requerimientos para el producto terminado.

Tabla No.5:Características del producto terminado.

Característica	**Requerimiento**
Densidad de compactación	Mayor a 93% de la densidad máxima teórica
Macrotextura superficial, ensayo de la mancha de arena (ASTM E965)	Textura homogénea, uniforme exenta de Segregaciones. Mayor que 0.8%
Resistencia al deslizamiento	Pendiente
Indice de reguralidad superficial (IRI)	Menor que 5 m/km
Contenido de agua atrapada en la mezcla asfáltica (ASTM D1461)	Menor que 0.25%

3.5 Control y aseguramiento de la calidad

3.5.1 Agregados

El Contratista deberá presentar un certificado de toda la materia prima a usar en la producción de la mezcla, en donde se demuestre fehacientemente que cumple satisfactoriamente con los requisitos establecidos en este Manual Técnico de Especificaciones. El certificado debe señalar explícitamente el procedimiento usado para diseñar el muestreo y la cantidad de muestras efectivamente tomadas y analizadas, con sus respectivos resultados de ensayo. Previo a la aprobación del diseño de mezcla y de conformidad con el plan de calidad, el Contratista deberá presentar en la oferta, la frecuencia mínima de ensayos que realizará a cada uno de los apilamientos y a los agregados combinados durante el proceso de producción, con base en las siguientes tablas.

Tabla No.6: Ensayos requeridos para el control y aseguramiento de la calidad de cada uno de los apilamientos.

Ensayo	**Frecuencia mínima**
Análisis granulómetrico (ASTM C117)	
Contenido de humedad (ASTM C566)	
Gravedad específica bruta y absorción del agregado grueso y fino(ASTM C127 -128)	
Otros a criterio del contratista	

Tabla No.7:Ensayos requeridos para el control y aseguramiento de la calidad de cada uno de los agregados combinados.

Ensayo	Frecuencia mínima
Análisis granulométrico (ASTM C117)	
Contenido de humedad (ASTM C566)	
Partículas planas y elongadas (ASTM D4791)	
Caras fracturadas (ASTM D5821)	
Equivalente de arena (AASHTO T 176)	
Límites de Attemberg (ASTM D43)	
Desgaste por abrasión en máquina de Los Ángeles (AASHTO T96)	
Coeficiente de pulimento acelerado (norma por definir)	
Gravedad específica bruta y absorción del agregado grueso y fino (ASTM C127-128)	
Otros a criterio del Contratista	

3.5.2 Ligante asfáltico

El ligante deberá cumplir con lo establecido en la norma nacional vigente. El Contratista con base en su plan de aseguramiento de la calidad, deberá presentar en la oferta la frecuencia mínima de ensayos que realizará al asfalto y a la mezcla asfáltica, con base en las siguientes tablas.

Tabla No.8:Ensayos requeridos para el control y aseguramiento de la calidad del asfalto.

Ensayo	Frecuencia mínima
Viscosidad absoluta a 60 o C (AASHTO T 202)(ASTM D 2171	
Penetración a 25 o C (AASHTO T 49) (ASTM D 5)	
Viscosidades cinemáticas a 125°C,135 °C y 145 °C (AASHTO T 201)(ASTM D 2170)	
Grado de desempeño (PG)	
Pérdida de masa en TFO (AASHTO T 179)(ASTM D 1759)	
Otros según criterio del Contratista	

3.5.3 Mezcla asfáltica

Se deben tomar muestras de la boca de descarga del tambor mezclador y realizar los ensayos indicados en la Tabla No.9, con la frecuencia mínima establecida por el contratista en la oferta.

Tabla No.9:Ensayos requeridos para el control y aseguramiento de la calidad de la mezcla asfáltica.

Ensayo	Frecuencia mínima
Propiedades volumétricas, vacíos totales, vacíos llenos con asfalto, vacíos en el agregado mineral, gravedad específica máxima y bruta.	
Extracción de ligante (porcentaje de asfalto)y granulometría de la extracción (grupos de dos especímenes como mínimo) (ASTM D 6307)	
Vacíos de la mezcla compactada (AASHTO T 269)	
Ensayo de escurrimiento	
Ensayo deformación permanente usando la pista de ensayo APA	
Ensayo de resistencia retenida a la tensión diametral (vacíos entre 6.0%y 8.0%)(AASHTO T 265)	
Otros según el Contratista	

Si la mezcla se almacena en silos, el Contratista debe presentar también la frecuencia mínima de ensayos que con base en el plan para el aseguramiento de la calidad realizará de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla No.10:Ensayos requeridos para el control y aseguramiento de la calidad de la mezcla asfáltica almacenada en silo.

Ensayo	Frecuencia mínima
Propiedades volumétricas, vacíos totales, vacíos llenos con asfalto, vacíos en el agregado mineral, gravedad específica máxima y bruta.	
Extracción de ligante (porcentaje de asfalto)y granulometría de la extracción (grupos de dos especímenes como mínimo) (ASTM D 6307)	
Vacíos de la mezcla compactada (AASHTO T 269)	
Ensayo de escurrimiento	
Ensayo deformación permanente usando la pista de ensayo APA	
Ensayo de resistencia retenida a la tensión diametral (vacíos entre 6.0%y 8.0%)(AASHTO T 265)	
Otros según el Contratista	

3.5.4 Extendido y compactación de la capa asfáltica

El Contratista debe presentar, en la oferta, la frecuencia mínima de los ensayos a realizar en el proceso de extendido y compactación de la mezcla asfáltica, con base en la siguiente tabla

Tabla No.11:Ensayos requeridos para el control y aseguramiento de la calidad del extendido y colocación de la capa asfáltica.

Ensayo	Frecuencia mínima
Medición de temperatura en vagoneta	
Medición de temperatura antes de la compactación de la mezcla extendida	
Determinación de espesores de la capa asfáltica compacta da	
Determinación de la densidad de compactación	
Determinación de la reguralidad superficial (IRI)	
Determinación de la textura	
Otros a criterio del Contratista	

3.6 Requisitos de trabajo

El contratista deberá apegarse a lo que indique la Administración en cuanto al diseño y construcción del tramo experimental. Deberá cumplir con lo estipulado en este Manual y con lo establecido en el cartel de licitación.

3.7 Medición y pago

La cantidad de mezcla colocada se medirá en toneladas métricas, y el tramo experimental se pagará en función del cumplimiento de las especificaciones y de los requerimientos de calidad de los trabajos indicados por la Administración, y no en función del desempeño del tramo experimental.

3.8 Nota final

A partir del estudio, monitoreo y control de este tramo, se definirán, en la siguiente etapa ,los criterios de pago definitivos ya sea en función de la calidad u otros parámetros.

4. CONCLUSIONES

La primera parte de este trabajo consistió en un estudio de laboratorio que dio el apoyo técnico para generar este Manual de especificaciones técnicas. El siguiente paso es construir un tramo experimentar para validar en campo lo que se obtuvo en laboratorio y de esta forma afinar los requerimientos establecidos en este Manual.

5. BIBLIOGRAFÍA

Asphalt Institute, The Asphalt Handbook. Asphalt Institute, 1989

Bolzán, P, Especificaciones Técnicas particulares, Argentina, 2002

Brown, Manglorkar. Evaluation of laboratory properties of SMA mixtures. NCAT Report No.93-5 1993

Kandhal, Roberts, otros, Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design and Construction. NAPA,1996

NAPA, Designing and Constructing SMA Mixtures, State of the Practice.1992